

**KESAN PERUBAHAN ATITUD BOT KE ATAS DATA
HIDROGRAFI PEMERUM GEMA BERBILANG TRANSDUSER**

MUHAMMAD ARIFF BIN ABDUL JALIL

**Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan ijazah
Sarjana Sains (Hidrografi)**

**Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia**

JANUARI 2004

DEDIKASI

Untuk keluarga tersayang

Abah dan ibu

Abang, kakak dan adik

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan dengan penuh ikhlas dan tidak terhingga kepada penyelia tesis, Prof. Madya Dr. Mohd Razali bin Mahmud atas bimbingan dan dorongan yang diberi sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini. Kritikan dan galakkan daripada beliau juga telah memberikan semangat, pengetahuan dan pengalaman yang amat berguna kepada penulis.

Kerjasama dan bantuan kewangan *National Science Fellowship* (NSF) daripada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar serta Skim Biasiswazah Universiti Teknologi Malaysia – Pembangunan Teknologi Perindustrian (UTM – PTP), sepanjang tempoh penyelidikan ini amatlah dihargai.

Dalam pada itu, sekalung ucapan terima kasih ditujukan kepada rakan-rakan yang turut sama membantu dan menyumbang dalam menjayakan tesis ini terutamanya kepada Cik Nazirah Md. Tarmizi, Lt. Najhan Md. Said, Encik Rozaimi Che Hasan, Encik Che Senu Salleh, Encik Hery Purwanto dan kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung. Tidak lupa juga buat kakitangan Pusat Kajian Hidrografi iaitu Encik Bustami bin Berahim@Ibrahim dan Encik Ghazalli bin Khalid.

ABSTRAK

Tahap ketepatan data hidrografi pemerum gema berbilang transduser mesti berada dalam aturan piawai supaya pemetaan sebenar dasar laut dapat diperolehi dengan profil yang betul dan tepat. Namun, ombak laut boleh mempengaruhi atitud bot, menyebabkan wujud selisih dalam data tersebut. Kajian tesis ini tertumpu kepada pembetulan selisih yang wujud berikutan perubahan atitud bot iaitu hanyutan, olekan dan jongketan. Beberapa formula yang dirumus dengan kaedah aturan tangan kanan dan hukum sudut Euler telah digunakan dalam memodelkan selisih tersebut dan seterusnya diikuti dengan pembetulan selisih. Terdapat beberapa kombinasi aturan sudut Euler yang telah dibentuk iaitu 1-2-3, 1-3-2, 2-1-3, 2-3-1, 3-1-2 dan 3-2-1 di mana 1 ialah jongketan, 2 ialah olekan dan 3 ialah hanyutan. Pemilihan aturan sudut Euler 3-2-1 bukan sahaja mengikut aturan seperti mana yang telah disyorkan oleh konvensyen maritim antarabangsa, tetapi ia merupakan aturan yang paling optimum dan sistematik bagi pembetulan data hidrografi pemerum gema berbilang transduser. Hitungan pembetulan berdasarkan aturan sudut Euler 3-2-1 menunjukkan selisih yang paling besar adalah hanyutan, diikuti masing-masing oleh olekan dan jongketan.

ABSTRACT

The accuracy level of hydrographic data for a multi-transducer echo sounder must be in standard order so that a true seabed mapping can be obtained with correct and accurate profiles. However, a sea wave can effect the boat's attitude, generating errors in the data. This study is mainly concerned with the errors correction that exist due to the attitude changes of the boat which are yaw, roll and pitch. Several of the derived formulas using right-handed order and Euler angles law have been used to model the errors and this is follow-up by the errors correction. Some combinations of the Euler angles that have been established are 1-2-3, 1-3-2, 2-1-3, 2-3-1, 3-1-2 and 3-2-1 where 1 is pitch, 2 is roll and 3 is yaw. The selection of Euler angles 3-2-1 sequence is not only recommended by the international maritime convention, but this sequence is the most optimum and systematic for a multi-transducer echo sounder hydrographic data correction. The correction computation based on Euler angles 3-2-1 sequence shows that the largest error is yaw, followed by roll and pitch respectively.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xiv
	SENARAI RAJAH	xv
	SENARAI SIMBOL	xix
	SENARAI SINGKATAN	xx
	SENARAI ISTILAH	xxi
	SENARAI LAMPIRAN	xxii
BAB 1	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Penyelidikan	4
	1.4 Sumbangan Penyelidikan	5
	1.5 Skop Penyelidikan	5

1.6	Metodologi Penyelidikan	6
1.6.1	Penyelidikan Literatur	
	Penentududukan Kedalaman	
	Semasa	8
1.6.2	Rekabentuk Model Perubahan	
	Atitud Bot	8
1.6.3	Hasil dan Analisis	10
1.7	Kandungan Bab	10
(a)	Bab 1	10
(b)	Bab 2	10
(c)	Bab 3	10
(d)	Bab 4	11
(e)	Bab 5	11
(f)	Bab 6	11
(g)	Bab 7	12
BAB 2	TEKNIK SEMASA DALAM	
	PENGUKURAN HIDROGRAFI	13
2.1	Pengenalan	13
2.2	Penyelidikan Berkaitan	15
2.3	Perkembangan Semasa Teknologi	
	Pemerum Gema	15
2.4	Klasifikasi Pengukuran Hidrografi	
	Mengikut Piawaian IHO	17
2.4.1	Kelas Khas	18
2.4.2	Kelas 1	19
2.4.3	Kelas 2	21
2.4.4	Kelas 3	22
2.5	Kemampuan Sistem Pemerum Gema	22
2.5.1	Pemerum Gema Alur	
	Tunggal	25

2.5.2	Pemerum Gema Berbilang Transduser	27
2.5.3	Pemerum Gema Berbilang Alur	30
2.6	Sistem Sonar Imbas Sisi	32
2.6.1	Perbezaan Akustik dan Sonar	34
2.7	Peranan Transduser	34
2.8	Pengukuran Hidrografi dengan GPS	35
2.8.1	Pengukuran Hidrografi dengan DGPS	36
2.9	Pengaruh Perubahan Atitud Bot	38

BAB 3	PERANAN PEMERUM GEMA BERBILANG TRANSDUSER	40
3.1	Latar Belakang dan Skop Umum	40
3.2	<i>Boom</i> Pemerum Gema Berbilang Transduser	43
3.3	Kelebaran Liputan Pengukuran	44
3.4	Konfigurasi Transduser	44
3.5	Sela Jarak dan Nilai Alur Transduser	45
3.6	Pengesanan Objek Berbahaya dengan Pemerum Gema Berbilang Transduser	47
3.7	Kaedah Pengumpulan Data	47
3.8	Rekabentuk Pemerum Gema Berbilang Transduser	48
3.9	Keperluan dan Kepentingan Maklumat Perubahan Atitud	52

BAB 4	PENENTUAN PERUBAHAN	
	ATITUD BOT	53
4.1	Pengenalan	53
4.2	Kepentingan Penentuan Atitud Bot	54
4.3	Selisih Dalam Penentuan Perubahan Atitud Bot	55
4.4	Prinsip Penentuan Atitud Bot	59
4.4.1	Hukum Sudutan Euler	59
4.4.2	Sistem Koordinat	60
4.4.2.1	Peranan Sistem Koordinat Tempatan (SKT)	64
4.4.2.2	Titik Rujukan (TR)	66
4.5	Pemilihan Aturan Sudutan Euler	67
4.6	Penentuan Atitud Bot Dalam Perisian Hidrografi	67
4.7	Perubahan Atitud Bot Ke Atas Pemerum Gema Alur Tunggal	68
4.7.1	Lambungan, Olekan dan Jongketan	70
4.8	Perubahan Atitud Bot Ke Atas Pemerum Gema Berbilang Transduser	72
4.8.1	Perubahan Atitud Hanyutan	73
4.8.1.1	Pemodelan Hanyutan	74
4.8.2	Perubahan Atitud Olekan	76
4.8.2.1	Pemodelan Olekan	77
4.8.3	Perubahan Atitud Jongketan	78
4.8.3.1	Pemodelan Jongketan	79
4.9	Pembersihan Data Hidrografi	81
4.10	Perubahan Memugak Bot	82
4.10.1	Kedalaman Transduser	83
4.10.2	Draf Dinamik	84
4.10.2.1	<i>Settlement</i>	84
4.10.2.2	<i>Squat</i>	85

4.10.3	Pembetulan Halaju Gelombang Akustik	86
--------	--	----

BAB 5	STRUKTUR PENGATURCARAAN PEMBETULAN ATITUD	87
--------------	--	-----------

5.1	Pengenalan	87
5.2	Data Hidrografi Mentah	88
5.2.1	Pengepala Data (<i>Data Header</i>)	89
5.2.2	Kandungan Data	92
5.2.3	Konfigurasi Bot	94
5.3	Carta Alir Pengaturcaraan Pembetulan Atitud (PPA)	96
5.4	Pengurusan Data Mentah	98
5.4.1	Pengaturcaraan Interpolasi Data	101
5.5	Penentuan Perubahan Mengufuk	101
5.6	Penentuan Perubahan Atitud Hanyutan	104
5.7	Penentuan Perubahan Atitud Olekan	105
5.8	Penentuan Perubahan Atitud Jongketan	107
5.9	Penentuan Perubahan Memugak	109
5.10	Hasil Akhir PPA	110

BAB 6	HASIL DAN ANALISIS	111
--------------	---------------------------	------------

6.1	Pendahuluan	111
6.2	Hasil Perbezaan PPA dengan CARIS HIPS	112
6.3	Kesan Hanyutan, Olekan dan Jongketan	114
6.4	Kesan Hanyutan	115

6.4.1	Kesan Hanyutan Pada 80°	116
6.4.2	Kesan Hanyutan Pada 100°	117
6.4.3	Kesan Hanyutan Pada 260°	119
6.4.4	Kesan Hanyutan Pada 280°	120
6.5	Kesan Hanyutan dan Olekan	122
6.5.1	Kesan Hanyutan Pada 260° dan Olekan -0.03°	122
6.6	Kesan Hanyutan dan Jongketan	123
6.6.1	Kesan Hanyutan Pada 260° dan Jongketan -0.02°	124
6.7	Kesan Hanyutan, Olekan dan Jongketan	125
6.7.1	Kesan Hanyutan Pada 260° , Olekan -0.03° dan Jongketan -0.02°	125
6.8	Kesan Olekan	127
6.8.1	Kesan Olekan -0.03°	127
6.9	Kesan Olekan dan Hanyutan	129
6.9.1	Kesan Olekan -0.03° dan Hanyutan Pada 260°	129
6.10	Kesan Olekan dan Jongketan	130
6.10.1	Kesan Olekan -0.03° dan Jongketan -0.02°	131
6.11	Kesan Olekan, Hanyutan dan Jongketan	132
6.11.1	Kesan Olekan -0.03° , Hanyutan Pada 260° dan Jongketan -0.02°	132
6.12	Kesan Olekan, Jongketan dan Hanyutan	134
6.12.1	Kesan Olekan -0.03° , Jongketan -0.02° dan Hanyutan Pada 260°	134
6.13	Kesan Jongketan	136
6.13.1	Kesan Jongketan -0.02°	136

6.14	Kesan Jongketan dan Olekan	137
6.14.1	Kesan Jongketan -0.02° dan Olekan -0.03°	137
6.15	Kesan Jongketan dan Hanyutan	139
6.15.1	Kesan Jongketan -0.02° dan Hanyutan Pada 260°	139
6.16	Kesan Jongketan, Olekan dan Hanyutan	140
6.16.1	Kesan Jongketan -0.02° , Olekan -0.03° dan Hanyutan Pada 260°	141
BAB 7	KESIMPULAN DAN CADANGAN	143
7.1	Pengenalan	143
7.2	Status Pemerum Gema Berbilang Transduser	144
7.3	Perbandingan PPA dengan Perisian Komersial	145
7.4	Kepatuhan Kualiti dan Piawaian Antarabangsa	146
7.5	Pemilihan Aturan Sudutan Euler	146
7.6	Perubahan Mengufuk	147
7.7	Perubahan Atitud Bot	148
7.8	Perubahan Memugak	148
7.9	Cadangan dan Komen	149
RUJUKAN		151
LAMPIRAN		154

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Piawaian minima pengukuran hidrografi	18
3.1	Pengaruh kedalaman dan lebar alur terhadap keluasan liputan	46
4.1	Hubungan bahagian SKT dengan paksi SKT	62
5.1	Huraian pengepala data	90
5.2	Huraian data mentah	92
5.3	Huraian data mentah konfigurasi bot	95
6.1	Nilai purata, maksimum dan sisihan piawai bagi nilai perbezaan di antara PPA dan CARIS HIPS	112
6.2	Jarak offset dari TR	114
7.1	Perbezaan PPA – CARIS HIPS	145
7.2	Nilai perubahan mengufuk	147

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Carta alir metodologi penyelidikan	7
1.2	Rekabentuk model perubahan atitud bot	9
2.1	Kaedah terawal penentuan kelajuan akustik dalam air	14
2.2	Ketepatan kedalaman adalah berkadar terus dengan kedalaman diukur dalam Kelas Khas	19
2.3	Ketepatan kedalaman adalah berkadar terus dengan kedalaman diukur dalam Kelas 1	20
2.4	Ketepatan kedalaman adalah berkadar terus dengan kedalaman diukur dalam Kelas 2	21
2.5	Ketepatan kedalaman adalah berkadar terus dengan kedalaman diukur dalam Kelas 3	22
2.6	Perbandingan liputan antara alur tunggal, <i>sweep</i> dan <i>swath</i>	24
2.7	Pengukuran hidrografi dengan pemerum gema alur tunggal	25
2.8	Pengukuran hidrografi dengan pemerum gema berbilang transduser	28
2.9	Pengukuran hidrografi dengan pemerum gema berbilang alur	31
2.10	Kombinasi antara sonar imbas sisi dengan pemerum gema alur tunggal	33

2.11	Penentududukan bot ukur hidrografi dengan DGPS	37
3.1	Liputan pengukuran 100%	41
3.2	Rekabentuk pemerum gema berbilang transduser	50
3.3	Faktor nilai alur transduser dan ciri dasar terhadap titik kedalaman dan penentududukan	51
4.1	<i>Boom</i> yang selari dengan paksi x SKT	56
4.2	<i>Boom</i> yang tidak selari dengan paksi x SKT	56
4.3	Kedudukan transduser serta antena DGPS 90° dengan paksi x SKT	57
4.4	Kedudukan transduser serta antena DGPS yang senget dengan paksi x SKT	58
4.5	Bahagian SKT (pandangan dari atas bot)	61
4.6	Bahagian SKT (pandangan dari hadapan bot)	61
4.7	Bahagian SKT (pandangan dari sisi bot)	62
4.8	Paksi memanjang dan paksi melintang (pandangan dari atas bot)	63
4.9	Putaran pada paksi berdasarkan aturan tangan kanan	64
4.10	Hubungan SKT dengan penerima gerakan dan antena DGPS – pandangan dari atas	65
4.11	Kedudukan TR pada SKT	66
4.12	Perubahan putaran – olekan dan jongketan	69
4.13	Geometri lambungan, olekan dan jongketan	70
4.14	Keadaan transduser dan antena DGPS yang tiada perubahan atitud	72
4.15	Keadaan transduser dan antena DGPS yang mempunyai perubahan atitud	73
4.16	Perubahan atitud hanyutan – pandangan dari atas	74
4.17	Perubahan atitud pada paksi z	75
4.18	Perubahan atitud olekan – pandangan dari hadapan	76
4.19	Perubahan atitud pada paksi y	77
4.20	Perubahan atitud jongketan – pandangan dari sisi	79
4.21	Perubahan atitud pada paksi x	80

4.22	Pengiraan perubahan memugak	82
4.23	Pembetulan perubahan memugak	83
4.24	Pembetulan <i>settlement</i>	84
4.25	Pembetulan <i>squat</i>	85
4.26	Graf pembetulan halaju draf dinamik	85
5.1	Lokasi perolehan data mentah	89
5.2	Contoh pengepala data	90
5.3	Contoh kandungan data mentah	92
5.4	Data mentah konfigurasi bot	94
5.5	Carta alir PPA	97
5.6	Kandungan data mentah sebelum proses penyaringan	98
5.7	Data mentah selepas penyaringan	99
6.1	Perbezaan utaraan antara PPA dan CARIS HIPS	112
6.2	Perbezaan timuran antara PPA dan CARIS HIPS	113
6.3	Perbezaan kedalaman antara PPA dan CARIS HIPS	113
6.4	Kesan hanyutan 80°	117
6.5	Kesan hanyutan 100°	118
6.6	Kesan hanyutan 260°	120
6.7	Kesan hanyutan 280°	121
6.8	Kesan hanyutan 260° dan olekan -0.03°	123
6.9	Kesan hanyutan 260° dan jongketan -0.02°	125
6.10	Kesan hanyutan 260°, olekan -0.03° dan jongketan -0.02°	127
6.11	Kesan olekan -0.03° pada kedudukan dan kedalaman	128
6.12	Kesan olekan -0.03° dan hanyutan 260°	130
6.13	Kesan olekan -0.03° dan jongketan -0.02°	132

6.14	Kesan olekan -0.03° , hanyutan 260° dan jongketan -0.02°	134
6.15	Kesan olekan -0.03° , jongketan -0.02° dan hanyutan 260°	136
6.16	Kesan jongketan -0.02°	137
6.17	Kesan jongketan -0.02° dan olekan -0.03°	138
6.18	Kesan jongketan -0.02° dan hanyutan 260°	140
6.19	Kesan jongketan -0.02° , olekan -0.03° dan hanyutan 260°	142

SENARAI SIMBOL

ψ	–	Sudut hanyutan pada paksi z SKT
θ	–	Sudut olekan pada paksi y SKT
γ	–	Sudut jongketan pada paksi x SKT
x	–	Kedudukan titik tidak berubah dalam paksi x SKT
x'	–	Kedudukan titik berubah dalam paksi x SKT (delta x)
y	–	Kedudukan titik tidak berubah dalam paksi y SKT
y'	–	Kedudukan titik berubah dalam paksi y SKT (delta y)
z	–	Kedudukan titik tidak berubah dalam paksi z SKT
z'	–	Kedudukan titik berubah dalam paksi z SKT (delta z)

SENARAI SINGKATAN

ASCII	–	American Standard Code for Information Interchange
CARIS	–	Computer Aided Resource Information
DGPS	–	Differential Global Positioning System
HIPS	–	Hydrographic Information Processing System
KRG	–	Koordinat Rujukan Geografi
PG	–	Penderia Gerakan
PPA	–	Pengaturcaraan Pembetulan Atitud
RTCM	–	Radio Technical Commission for Maritime Services
SA	–	Selective Availability
SC-104	–	Special Committee 104
SKT	–	Sistem Koordinat Tempatan
TR	–	Titik Rujukan

SENARAI ISTILAH

Akustik	– <i>Acoustic</i>
Atitud	– <i>Attitude</i>
Bot	– <i>Boat</i>
Cerucuk besi	– <i>Spike</i>
Draf	– <i>Draught</i>
Julat semu	– <i>Pseudorange</i>
Fasa pembawa	– <i>Carrier phase</i>
Hanyutan	– <i>Yaw</i>
Jongketan	– <i>Pitch</i>
Kelegaan lunas	– <i>Underkeel clearance</i>
Lambungan	– <i>Heave</i>
Olekan	– <i>Roll</i>
Pemerum gema	– <i>Echo sounder</i>
Pemerum gema alur tunggal	– <i>Single beam echo sounder</i>
Pemerum gema berbilang alur	– <i>Multibeam echo sounder</i>
Pemerum gema berbilang transduser	– <i>Multi-transducer echo sounder</i>
Perubahan ke kiri dan kanan bot	– <i>Sway</i>
Perubahan ke depan dan belakang bot	– <i>Surge</i>

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Gambar sebenar pemerum gema berbilang transduser	153
B	Contoh sebahagian data mentah format HYPACK dan konfigurasi bot	154
C	Contoh sebahagian data mentah yang telah melalui proses interpolasi	166
D	Pengaturcaraan interpolasi data mentah bahasa C++ dan MatLab	171
E	Pengaturcaraan perubahan mengufuk dalam bahasa C++	178
F	Pengaturcaraan perubahan putaran dalam bahasa C++	179
G	Pengaturcaraan perubahan olekan dalam bahasa C++	181
H	Pengaturcaraan perubahan jongketan dalam bahasa C++	186
I	Pengaturcaraan perubahan memugak dalam bahasa C++	188
J	Keseluruhan PPA dalam bahasa C++ dan simulasi dalam bahasa MatLab	190

K	Hasil akhir plotan dengan PPA dan data dalam format ASCII	205
L	Hasil akhir plotan dengan CARIS HIPS dan data dalam format ASCII	211
M	Beza hasil antara PPA dengan CARIS HIPS (timuran, utara dan kedalaman)	217

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada lazimnya, pengukuran hidrografi dilaksanakan dengan menggunakan bot. Keadaan perairan yang sentiasa berombak dan berarus boleh menyebabkan bot berada dalam keadaan terumbang-ambing mengikut alunan air. Secara teorinya, pengukuran hidrografi mestilah dibuat dalam keadaan bot yang bergerak lurus, teraras dan menuju ke arah utara benar untuk dikaitkan dengan koordinat rujukan geografi (Clarke, 1999). Tetapi ini adalah mustahil untuk dilaksanakan berikutan ciri perairan adalah sentiasa berombak dan berarus. Sehubungan itu, data hidrografi yang dipungut adalah dipengaruhi oleh bot tersebut. Oleh itu, boleh dikatakan kualiti dan ketepatan data hidrografi adalah bergantung kepada keadaan bot. Keadaan bot yang sentiasa dipengaruhi oleh ombak dan arus ini boleh disebut sebagai perubahan atitud bot (Tucker *et al*, 1991).

Secara umumnya, terdapat dua bahagian utama dalam perubahan bot iaitu perubahan dari segi atitud bot dan translasi bot. Perubahan atitud bot adalah perubahan yang berkaitan dengan putaran manakala perubahan translasi adalah berkaitan dengan perubahan secara mengufuk dan memugak. Dalam pada itu, perubahan atitud bot mengandungi tiga parameter iaitu, hanyutan, olekan dan

jongketan. Di samping itu, perubahan mengufuk dan memugak mengandungi tiga parameter iaitu lambungan, *surge* dan *sway* (Wiele, 2000).

Dalam konteks penyelidikan yang dilaksanakan ini, hanya perubahan atitud dilihat dari aspek kesan perubahan atau pengaruh kepada data hidrografi pemerum gema berbilang transduser. Walaupun sebaik mana alat yang digunakan dalam pengukuran hidrografi tetapi tidak dapat dinafikan bahawa setiap data yang diperolehi mempunyai selisihnya tersendiri. Ini adalah merupakan senario yang tidak dapat dielakkan. Oleh itu, dalam penyelidikan yang dilaksanakan ini bertujuan untuk mengkaji kesan perubahan atitud bot ke atas data hidrografi pemerum gema berbilang transduser.

Walaupun dilihat penggunaan pemerum gema berbilang transduser tidak begitu menggalakkan tetapi ia masih digunakan terutamanya di negara barat seperti Amerika Syarikat dan Kanada. Menurut Nielsen (2000), terdapat tiga jenis pemerum gema yang masih digunakan sehingga hari ini. Jenis-jenis tersebut adalah pemerum gema alur tunggal yang menggunakan satu transduser beralur tunggal, pemerum gema berbilang alur yang menggunakan satu atau dua transduser berbilang alur dan pemerum gema berbilang transduser yang menggunakan beberapa transduser beralur tunggal. Antara ketiga-tiga tersebut, pemerum gema alur tunggal dan pemerum gema berbilang alur adalah yang popular digunakan oleh kebanyakan pengguna. Manakala, bagi pemerum gema berbilang transduser, ia hanya digunakan kepada pengukuran tertentu yang bersesuaian dengan kemampuannya.

Selain itu, melalui penyelidikan ini, perkembangan teknologi dalam bidang hidrografi khususnya dapat dilihat dengan lebih menyeluruh sama ada dari segi teknikal atau teori. Sejak sekian lama, aktiviti pengukuran hidrografi di Malaysia dilaksanakan secara konvensional iaitu dengan menggunakan pemerum gema alur tunggal. Seajar dengan perkembangan teknologi semasa, kini ramai pengguna telah mula beralih kepada sistem yang lebih canggih lagi iaitu pemerum gema berbilang alur. Memandangkan Malaysia adalah sebuah negara yang dikelilingi oleh perairan dengan keluasan 469,540 kilometer persegi dan panjang garis pantai sejauh 4262.41 kilometer, maka keperluan dan sumbangan pemerum gema berbilang alur amatlah besar kepada industri maritim negara.

Menurut Nielsen (2000), pengukuran hidrografi dengan menggunakan pemerum gema berbilang alur adalah 15 hingga 20 kali lebih cepat berbanding pemerum gema alur tunggal. Ini menunjukkan bahawa pemerum gema berbilang alur memberikan kesan yang amat positif dalam pengukuran hidrografi. Tetapi, tidak dinafikan bahawa pemerum gema berbilang alur melibatkan kos yang sangat tinggi. Selain daripada kos yang sangat tinggi, ciri pemerum gema berbilang alur juga adalah sangat kompleks dan tahap keyakinan terhadap pengukurannya juga adalah tidak jelas sebagaimana pemerum gema alur tunggal dan pemerum gema berbilang transduser.

Secara realiti, mungkin sukar untuk membuat penyelidikan terus kepada pemerum gema berbilang alur kerana ia adalah kompleks. Jadi, sebagai langkah permulaan, adalah bertepatan dan memadai jika penyelidikan ini dimulakan dengan melihat pemerum gema berbilang transduser. Memandangkan pemerum gema berbilang alur adalah evolusi daripada pemerum gema berbilang transduser, maka hubungan model di antara dua sistem tersebut boleh dikaitkan. Walaupun begitu, masih terdapat juga perbezaan di antara hubungan model kedua-dua sistem tersebut tetapi ia masih relevan untuk penyelidikan seterusnya. Selain itu, konsep pengukuran pemerum gema berbilang transduser adalah sama seperti pemerum gema alur tunggal iaitu pengukuran secara pugak atau kedalaman pugak.

1.2 Pernyataan Masalah

Walaupun dikatakan pemerum gema berbilang transduser ini tidaklah begitu kompleks seperti pemerum gema berbilang alur tetapi ia masih mempunyai beberapa maklumat terlindung yang perlu dikupas dalam penyelidikan ini. Antaranya adalah seperti berikut:

- (a) Menterjemah format data hidrografi pemerum gema berbilang transduser yang begitu terhad maklumat tentangnya.

- (b) Memerlukan satu sistem yang cekap dan mampu menguruskan set data hidrografi yang sangat besar.
- (c) Mendefinisikan perubahan atitud bot, seterusnya kepada transduser berdasarkan daripada sistem koordinat tertentu.
- (d) Memerlukan satu sistem pengintegrasian untuk menjadikan titik rujukan dalam bot sebagai origin kepada data hidrografi yang didapati.
- (e) Mendapatkan satu piawaian yang khusus dalam menentukan aturan, formula dan persamaan yang mengaitkan kesan perubahan atitud bot ke atas data hidrografi.

1.3 Objektif Penyelidikan

Objektif penyelidikan yang telah dikenalpasti adalah seperti berikut:

- (a) Untuk mendefinisikan perubahan atitud bot dalam pengukuran hidrografi terutamanya pengukuran yang melibatkan beberapa peralatan pengukuran seperti transduser dan antena DGPS.
- (b) Untuk mengkaji bagaimana kesan perubahan atitud bot ke atas data hidrografi boleh dibetulkan daripada pendekatan yang tertentu seperti penggunaan rumusan, aturan, formula dan sebagainya.
- (c) Untuk memberi pengetahuan asas kepada pengguna dalam konteks pengukuran hidrografi bahawa perubahan atitud bot tidak boleh diambil mudah terutamanya pengukuran yang melibatkan pungutan data besar seperti pemerum gema berbilang alur dan pemerum gema berbilang transduser.

1.4 Sumbangan Penyelidikan

- (a) Memberikan pengetahuan asas kepada organisasi yang berminat dalam penyelidikan pengukuran hidrografi.
- (b) Dapat memberi kefahaman bagaimana perisian hidrografi komersial masa kini melaksanakan peringkat pemprosesan data hidrografi. Sekurang-kurangnya pihak tersebut mengetahui apa yang berlaku disebalik perisian tersebut. Ini seterusnya dapat mengurangkan kekeliruan dari pelbagai aspek seperti teori, praktikal dan teknikal.
- (c) Sebagai permulaan untuk membangunkan industri hidrografi dalam versi tempatan. Sehubungan itu, pergantungan semata-mata terhadap pengeluar terutamanya dari negara-negara barat diharap boleh dikurangkan sedikit demi sedikit selaras dengan wawasan dan visi Malaysia untuk menjadi negara maju pada tahun 2020.

1.5 Skop Penyelidikan

Terdapat beberapa bahagian lain yang tidak kurang pentingnya perlu diterokai dan dilihat dalam penyelidikan ini. Namun, sebagai permulaan penyelidikan, adalah wajar dibataskan kepada bahagian yang dikenal pasti sebagai elemen yang paling utama dan asas.

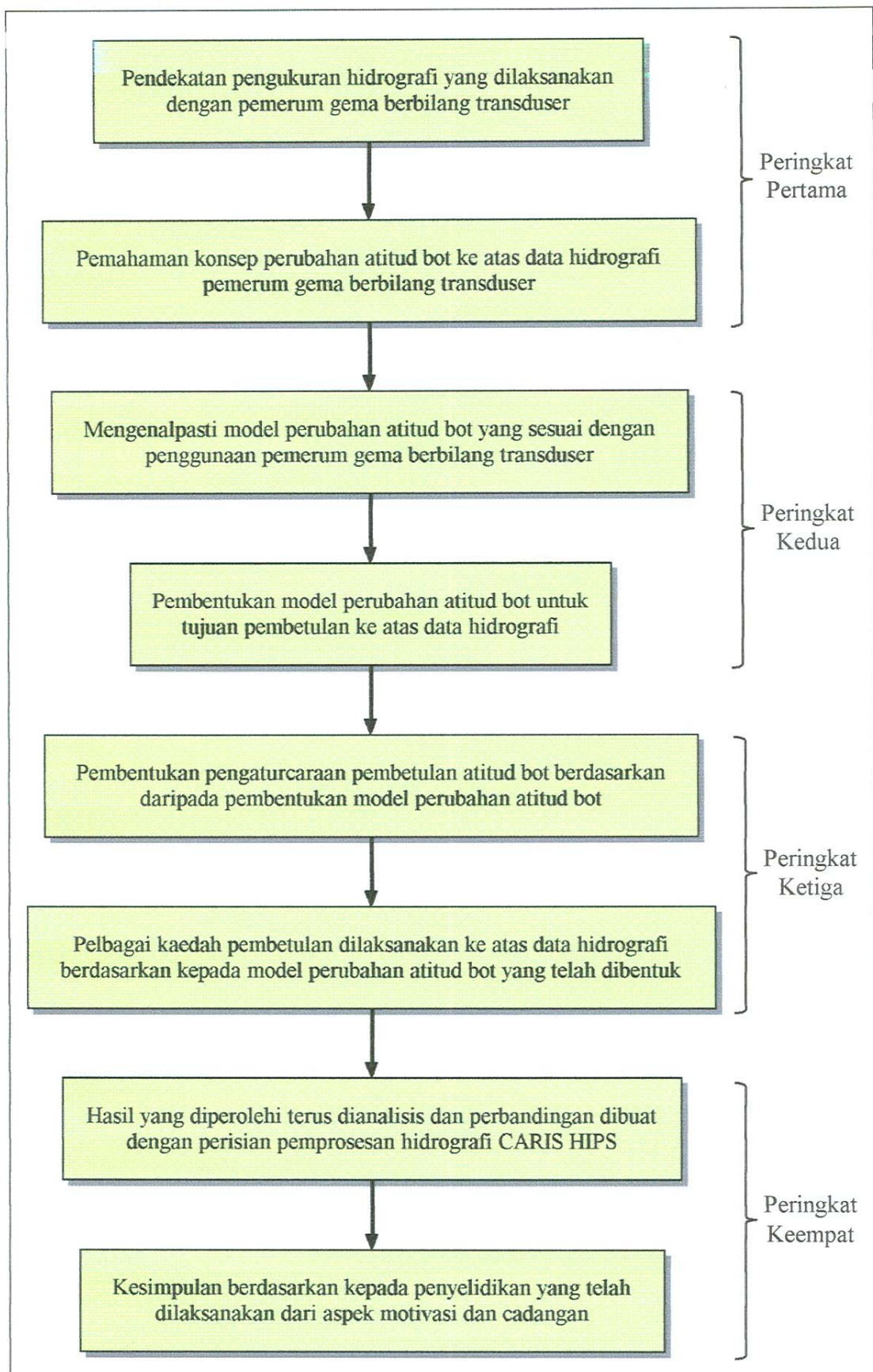
- (a) Penyelidikan hanya ditumpukan kepada pemerum gema berbilang transduser dan hubungan yang berkaitan dengannya.
- (b) Penumpuan hanyalah diberikan kepada penentududukan kedalaman berdasarkan kepada origin bot. Kedudukan bot yang didapati daripada sistem penentududukan seperti DGPS hanya digunapakai dalam penyelidikan ini.
- (c) Penyelidikan ini hanya menitikberatkan pembentukan hubungan model terhadap kesan atitud seperti hanyutan, jongketan dan olekan. Manakala bagi kebanyakan kesan lain seperti pasang surut,

lambungan dan juga draf hanya diimplementasi terus kepada data hidrografi.

- (d) Penyelidikan yang dilaksanakan hanya melibatkan data berformat HYPACK daripada perisian HYSWEEP. Ini adalah kerana, buat masa ini HYSWEEP merupakan perisian tunggal yang berada di pasaran mampu melaksanakan pengukuran hidrografi dengan pemerum gema berbilang transduser.
- (e) Kesemua pengaturcaraan pembetulan atitud yang dibuat terhadap data hidrografi adalah merupakan pengaturcaraan pemprosesan lepas.

1.6 Metodologi Penyelidikan

Secara keseluruhannya, metodologi penyelidikan dibahagikan kepada empat bahagian utama dan boleh ditunjukkan dalam Rajah 1.1. Secara umumnya, peringkat pertama metodologi adalah tertumpu kepada pemahaman asas serta hubung kait dalam sistem pemerum gema berbilang transduser itu sendiri. Dalam peringkat kedua, pemerhatian dilaksanakan bagi mengenal pasti perkaitan dan model yang terlibat dalam penyelidikan ini. Selepas beberapa elemen model dan perkaitannya diperolehi, maka pembentukan telah dibuat berdasarkan kepada beberapa formula, aturan serta rumusan dan ini dilaksanakan dalam peringkat ketiga. Sebagai peringkat yang terakhir iaitu peringkat keempat, analisis, hasil dan kesimpulan penyelidikan turut dihasilkan.



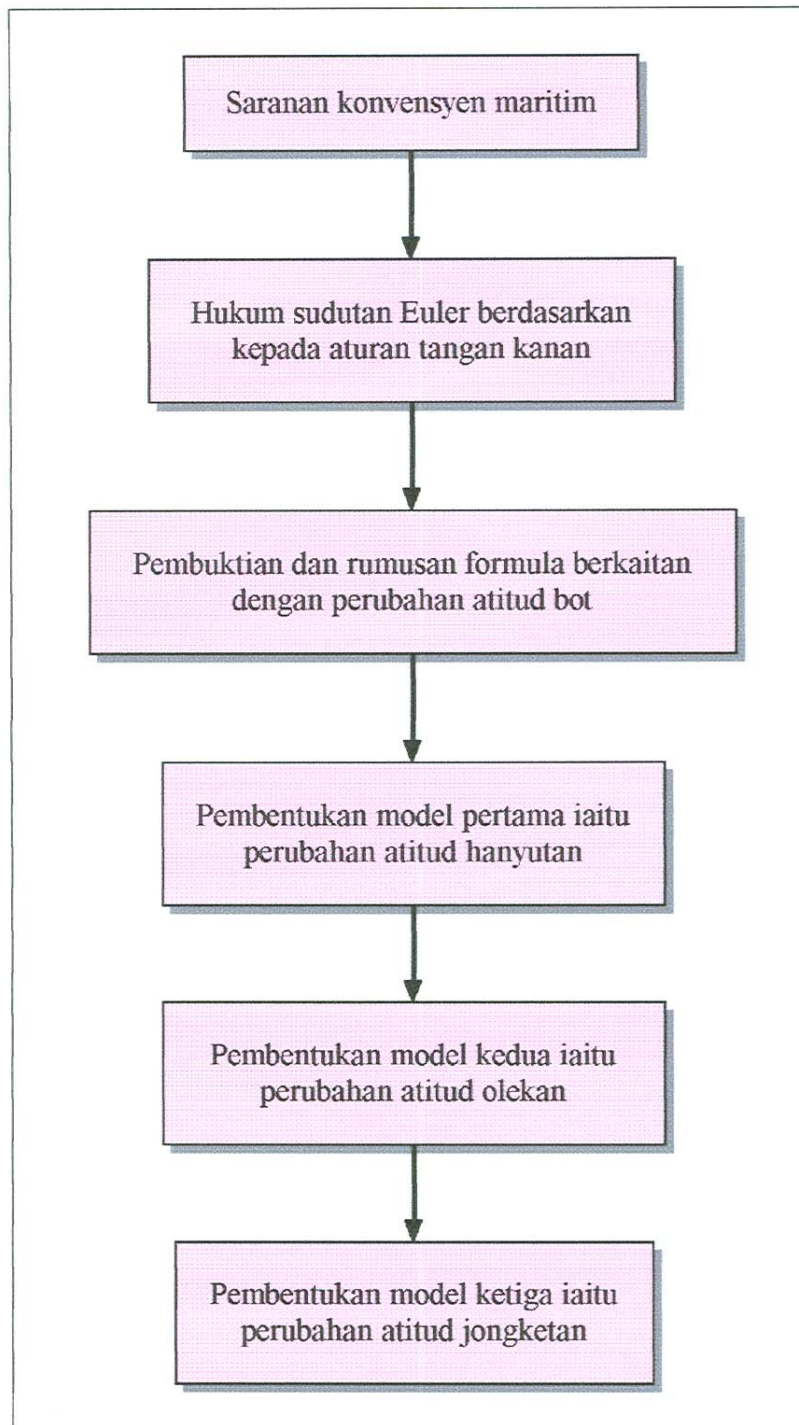
Rajah 1.1: Carta alir metodolgi penyelidikan

1.6.1 Penyelidikan Literatur Penentududukan Kedalaman Semasa

Pada peringkat ini, penyelidikan literatur mestilah dilakukan supaya penyelidikan yang seterusnya adalah sejajar dengan perkembangan semasa teknologi. Pencarian dan pengumpulan data pemerum gema berbilang transduser turut dilaksanakan pada peringkat ini.

1.6.2 Rekabentuk Model Perubahan Atitud Bot

Pada peringkat ini, hubungan rekabentuk dengan model perubahan dalam pemerum gema berbilang transduser telah dibuat. Ini adalah merupakan peringkat yang paling utama kerana semua hasil dan analisis tertakluk kepada kualiti rekabentuk hubungan model tersebut. Format data hidrografi turut diteliti bagi mendapatkan kesesuaian dengan hubungan model ini. Ini juga meliputi pembentukan persamaan, penentuan aturan dan juga formula tertentu yang berkaitan dengan kesan perubahan yang terlibat (Rajah 1.2). Pada peringkat ini juga, simulasi data dibuat bagi menguji sejauh mana tahap kemampuan hubungan model pemerum gema berbilang transduser memberi kesan positif terhadap pemerum gema berbilang alur.



Rajah 1.2: Rekabentuk model perubahan atitud bot

1.6.3 Hasil dan Analisis

Selepas hubungan model dibentuk, ujian telah dilakukan dengan sempurna bagi menguatkan lagi justifikasi terhadap penyelidikan ini. Segala perolehan hasil turut dianalisis bagi membolehkan hubungan model dinilai secara sistematik.

1.7 Kandungan Bab

Secara umumnya, kandungan kesemua penulisan penyelidikan ini mempunyai tujuh bab. Kesemua kandungan bab tersebut diterangkan secara ringkas supaya gambaran yang jelas boleh diperolehi. Berikut adalah ringkasan kandungan bab dalam penulisan penyelidikan ini:

- (a) **Bab 1** Penerangan terhadap pengenalan adalah sangat perlu memandangkan penyelidikan ini adalah merupakan satu penyelidikan yang jarang dibuat terutamanya di Malaysia. Dalam pada itu, pengenalan turut merangkumi latar belakang penyelidikan, pernyataan masalah penyelidikan, objektif penyelidikan, sumbangan penyelidikan, skop penyelidikan dan metodologi penyelidikan.
- (b) **Bab 2** Bab ini menerangkan penyelidikan literatur berkenaan penentuan kedalaman dalam arus teknologi masa kini. Ia lebih menjurus kepada maklumat semasa dalam dunia pengukuran hidrografi terutamanya yang berkaitan dengan pemerum gema alur tunggal, pemerum gema berbilang transduser dan juga pemerum gema berbilang alur.
- (c) **Bab 3** Bagi pemahaman yang lebih lanjut tentang pemerum gema berbilang transduser, bab ini telah disediakan. Bab ini menerangkan tentang perkembangan, kegunaan dan kerelevanan

pemerum gema berbilang transduser. Walaupun dilihat sebagai satu teknologi lama tetapi elemen yang masih ada pada sistem ini boleh memberikan pengetahuan yang sangat berguna untuk pelbagai tujuan terutamanya dalam pengukuran hidrografi berteknologi tinggi.

- (d) **Bab 4** Ini adalah merupakan bab utama dalam penulisan tesis ini. Bab ini membincangkan dengan lebih lanjut kepada tajuk tesis yang dilaksanakan. Perkara yang dititikberatkan dalam bab ini ialah pengaruh perubahan atitud bot ke atas data hidrografi. Antara perkara lain yang disentuh adalah kajian terhadap kesesuaian rumusan tertentu dalam penyelesaian masalah yang ditimbulkan.
- (e) **Bab 5** Sebagai salah satu hasil dalam penyelidikan ini, penulis telah mencuba membuat satu pengaturcaraan berhubung dengan pembetulan data hidrografi. Algoritma pengaturcaraan tersebut adalah hasil kajian yang dilaksanakan dalam Bab IV. Memandangkan penyelidikan ini sebagai titik permulaan dalam pengukuran hidrografi lanjutan, maka penulis telah mencuba untuk menulis satu pengaturcaraan pembetulan atitud. Pengaturcaraan pembetulan atitud dan beberapa contoh pengiraan turut diterangkan dengan lebih lanjut dalam bab ini. Dalam pada itu, dengan adanya pengaturcaraan ini, data mentah hidrografi dapat dibersihkan dengan lebih efisien lagi.
- (f) **Bab 6** Bersesuaian dengan nama bab iaitu Hasil dan Analisis, maka secara tidak langsung ia boleh menggambarkan tahap penyelidikan itu. Hasil yang diperolehi adalah daripada ujian tertentu telah dianalisis dengan beberapa kaedah. Analisis perbandingan dengan perisian komersial turut dimuatkan. Bab ini juga merupakan sebagai kawalan kualiti terhadap penyelidikan yang dilaksanakan. Oleh itu, adalah penting untuk mendapatkan hasil yang baik, berkualiti dan berkeyakinan tinggi.

- (g) **Bab 7** Bab ini memberi ulasan dalam bentuk kesimpulan dan cadangan. Ia menggambarkan sejauh mana tahap dan kemampuan penyelidikan yang telah dibuat. Di samping itu, cadangan untuk perancangan kerja lanjutan membantu memberikan idea kepada penyelidik seterusnya untuk meneroka dengan lebih jauh lagi.

7.9 Cadangan dan Komen

Walaupun Malaysia sudah terkenal sebagai salah sebuah negara membangun yang berjaya dalam pelbagai bidang, tetapi aktiviti dalam bidang pengukuran hidrografi belum begitu menggalakkan. Senario ini adalah disebabkan oleh kekurangan tenaga pakar dalam bidang hidrografi. Sehubungan itu, sebagai salah sebuah pusat hidrografi yang terunggul di Asia Tenggara, Pusat Kajian Hidrografi, UTM telah mengambil inisiatif untuk meneroka dan mengorak langkah lebih maju ke hadapan dalam bidang ini. Dengan bantuan geran daripada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Pusat Kajian Hidrografi telah berpeluang untuk membuat penyelidikan yang berkaitan dalam bidang hidrografi.

Pengalaman dan pelbagai masalah semasa pelaksanaan penyelidikan telah menyarankan beberapa cadangan dan komen. Cadangan dan komen yang telah dikenalpasti adalah seperti berikut:

- (i) Mendapatkan data mentah pungutan sendiri. Ini berikutan ia lebih relevan dengan penyelidikan yang dilaksanakan.
- (ii) Bagi tujuan penyelidikan, data mentah yang diperolehi mestilah mempunyai ciri perubahan atitud bot yang ketara. Ini adalah untuk memperlihatkan perubahan atitud bot terutama perubahan atitud bot hanyutan, olekan dan jongketan. Oleh itu, pungutan data mentah hendaklah dilaksanakan pada perairan yang sedikit berombak supaya perolehan data mentah mempunyai nilai perubahan atitud bot yang agak ketara.
- (iii) Penyelidikan seperti ini seharusnya lebih menjurus kepada praktikal di perairan dengan pelbagai kaedah pungutan data mentah. Namun, pungutan data mentah tidak dapat dilaksanakan berikutan ketiadaan sistem seumpama itu di Malaysia. Sebagai alternatif, simulasi data telah dibuat untuk memperbanyakkan eksperimen untuk menguji ketepatan dan kesahihan PPA.
- (iv) Tafsiran terhadap data mentah mestilah dibuat terlebih dahulu, sebelum penyelidikan dilaksanakan. Tafsiran data mentah mestilah diselesaikan dahulu untuk mengelakkan kelancaran penyelidikan

terjejas. Umumnya, tafsiran data mentah adalah merupakan satu peringkat yang agak kritikal kerana tidak mendapat maklumat yang tepat daripada pihak pengeluar.

- (v) Pembangunan PPA boleh dikemas kini dan diperbaiki supaya kelihatan lebih interaktif dan mudah digunakan. Ini boleh dilakukan dengan menyelitkan grafik dan plotan bagi hasil yang diperolehi.
- (vi) Memerlukan kerjasama yang erat antara penyelidik dengan pihak pengeluar supaya rekabentuk yang dihasilkan lebih sempurna.

SENARAI RUJUKAN

- Al Rougeau (1994). *Fanbeam Bathymetry, Subbottom Profiling, Side Scan Sonar and Kinematic Positioning Combine to Form New High-Resolution, Shallow Water Survey System*. May 1994, World Dredging Mining & Construction. 6 – 9.
- Burdic, W.S. (1991). *Underwater Acoustic System Analysis*. Second Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1 – 15.
- Clarke, J.H. (1997). *Are You Really Getting Full Bottom Coverage?* Ocean Mapping Group, University of New Brunswick.
- Clarke, J.H. (1999). *Multisensor Integration and the Ship's Reference Frame*. RAN Coastal Multibeam Training Course, Cairns, Australia.
- Goldstein, H. (1980). *Classical Mechanics*. Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, USA. 128 – 158.
- Haines, G. (1974). *Sound Underwater*. David and Charles (Holdings) Ltd., London.
- Hare, R. (1995). *Depth and Position Error Budgets for Multibeam Echo Sounding*. LXXII(2) International Hydrographic Review, Monaco.
- Hare, R., Godin, A. and Mayer, L. (1995). *Accuracy Estimation of Canadian Swath (Multibeam) and Sweep (Multi-transducer) Sounding Systems*. Canadian Hydrographic Service, Technical Report.

IHO Standards for Hydrographic Surveys (1998). *4th Edition, Special Publication No. 44*. International Hydrographic Bureau, Monaco.

Ingham, A.E. and Abbot, V.J. (1992). *Hydrography for the Surveyor and Engineer*. Third Edition, Blackwell Science Ltd, Oxford, London.

International Maritime Organization – IMO (1982). *International Convention for Save Containers*.

MacPhee, S.B. (1971). *Digitization of Ship-borne Echo Sounder*. Proceedings of the Tenth Annual Canadian Hydrographic Conference, Dartmouth, N.S. 97 – 104.

MacPhee, S.B. (1975). *Developments in Narrow Beam Echo Sounders*. Proceedings of Fourteenth Annual Canadian Hydrographic Conference, Halifax, N.S. 88 – 93.

MacPhee, S.B. (1979). *Underwater Acoustics and Sonar and Echo Sounding Instrumentation*. Canadian Hydrographic Service, Technical Report.

MacPhee, S.B., Macdonald, G.D., Munson, R.C. and Hopkins, R. (1981). *Report on Detection of Depth Anomalies*. Hydrographic Surveying, FIG Commission 4.

Mayer, L. (1999). *Survey Design and Planning*. RAN Coastal Multibeam Training Course, Cairns, Australia.

Mohd Razali Mahmud (1986). *The Development of Swathe Sounding Systems and Their Comparisons with the Conventional Echo Sounders*. North East London Polytechnic, Barking: BSc. Final Year Project.

Mohd Razali Mahmud (1999). *Precise Three-Dimensional GPS Attitude Estimation From Independent GPS Array*. University College London: Ph.D. Thesis.

Mohd Razali Mahmud and Muhammad Ariff Abdul Jalil (2001). *Current Trend in Hydrographic Surveying: Depth Determination in the New Millennium*. Geoinformation Technology Seminar & Exhibition, UTM, Kuala Lumpur.

- Mohd Razali Mahmud and Muhammad Ariff Abdul Jalil (2001). *The Studies on Hydrographic Sweeping Technique : Initial Results*. 2001 East Asia Hydrographic Symposium & Exhibiton, The Legend Hotel, Kuala Lumpur.
- Mohd Razali Mahmud and Muhammad Ariff Abdul Jalil (2002). *Optimization of Hydrographic Survey in Ports and Protected Areas Using Multi-Transducer System*. International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2002, Hotel Nikko, Kuala Lumpur.
- Mohd Razali Mahmud dan Muhammad Ariff Abdul Jalil (2001). *Kajian Penggunaan Sistem Sapuan Berbilang Transduser Bagi Pengukuran Batimetri di Pelabuhan dan Kawasan Lindungan*. 2001 Annual Seminar Geoinformation Engineering, Berjaya Georgetown Hotel, Penang.
- Muhammad Ariff Abdul Jalil (2002). *Depth Position Determination Using Differential Global Positioning System (DGPS) in Hydrographic Sweeping System*. Bengkel Tahunan Biasiswa National Science Fellowship (NSF) 2001, Hilton Hotel, Petaling Jaya, Selangor.
- Nielsen, E.B. (2000). *Will Multibeam Echo Sounders Take Over?* March 2000, Hydro International, A GITC Publication, The Netherlands. 67 – 71.
- Tucker, D. G. and Gazey, B. K. (1966). *Applied Underwater Acoustics*. First Edition, Pergamon Press, London. 1 – 23.
- Tucker, W., Anderson, R., Newton, J., Wales, C., Newton, G. and Luallin, T. (1991). *Accuracy of Submarine Ice Draft Measurements*. The Sea Ice Thickness Workshop, New Carrollton, MD.
- U.S. Army Corps of Engineers (2002). *Engineering and Design: Chapter 8, 9, 10 & 11*. Washington DC.
- Wiele, T. V. (2000). *Aspects of Accuracy Analysis for Soundings*. The Hydrographic Journal 95, 19 – 22.